



VIII Congresso Ibérico
de Geoquímica
XVII Semana
de Geoquímica

DIFERENÇAS NA INTENSIDADE DE ALTERAÇÃO QUÍMICA DE SEDIMENTOS PLIOCÉNICOS A NORTE E SUL DO MONDEGO

DIFFERENCES BETWEEN CHEMICAL ALTERATION INTENSITY OF PLIOCENE SEDIMENTS NORTH AND SOUTH OF MONDEGO

Álvaro Oliveira^{1*}, Pedro A. Dinis², Fernando Rocha³

^{1*} Laboratório do INETI de S. Mamede Infesta, Porto, Portugal. Alvaro.Oliveira@ineti.pt

² Depart. Ciências da Terra, IMAR-CIC, Univ. de Coimbra, Portugal, pdinis@dct.uc.pt ³ Geobiotec Centre, Depart. de Geosciencias, Univ. de Aveiro, Portugal

Resumo

Procede-se a uma análise comparativa de características mineralógicas e geoquímicas (elementos maiores), usadas na definição da intensidade de alteração química, de sedimentos pliocénicos colhidos na margem Atlântica a norte e sul do rio Mondego. Ainda que se note alguma influência da granulometria dos sedimentos nas características composicionais, as unidades a norte do Mondego revelam sempre alteração química menos intensa que as unidades a sul do Mondego. Estas diferenças justificam-se por proveniência distinta e não devem ter qualquer significado climático.

Palavras chave: Proveniência, Clima, Geoquímica, Minerais de argila

Abstract

A comparative analysis of mineralogical and geochemical (major elements) features, used to establish the intensity of chemical alteration, of Pliocene sediments collected in the Atlantic margin north and south of Mondego river. Although there is some grain-size influence on compositional features, the northern units always reveal lower intensity of alteration than the southern units. These differences are justified by distinct provenance and are unlikely to have any climatic meaning.

Keywords: Provenance, Climate, Geochemistry, Clay mineralogy

Introdução

A intensidade da alteração química de unidades sedimentares pode ser avaliada a partir de aspectos composicionais, como as associações de minerais argilosos e a composição química. Duma forma geral, estes aspectos estão associados à maturidade composicional das unidades sedimentares. O conhecimento da alteração química é de grande importância na interpretação das condições paleogeográficas. Em Portugal ele tem-se revelado muito útil na definição de equivalências laterais, podendo também auxiliar nos esforços de posicionamento estratigráfico de sucessões sedimentares (p.ex. Cunha, 1992; Rocha, 1993; Pereira, 1997).

Diversos autores têm mostrado que a composição das unidades sedimentares é condicionada pelas condições climáticas à altura ou que antecederam a sua deposição, processos sedimentares, como a selecção granulométrica, proveniência sedimentar e alterações pós deposicionais (Chamley, 1989; López et al., 2005; Singh, 2009).

Neste trabalho procedemos à comparação mineralógica e geoquímica de unidades sedimentares consideradas coevas e discutimos os factores que podem justificar as diferenças encontradas.

Enquadramento

A área a norte do Mondego está enquadrada numa depressão em funil aberta para NNW que acompanha a transição da margem Atlântica para o Maciço Varisco (Fig. 1). O limite interior está associado à zona de falha Porto-Tomar. No seio da depressão ocorrem numerosas fracturas, mais ou menos oblíquas àquelas que definem os limites regionais, responsáveis pelo desenvolvimento de sectores subsidentes, onde se depositaram sucessões sedimentares especialmente espessas (até 70m) atribuídas ao Pliocénico e Quaternário (Dinis 2004). Nas décadas de 1980-90 estas sucessões foram descritas por Grade e Moura (1980-81) e Pereira (1993). Mais recentemente, a sucessão Plio-quadernária anterior à incisão fluvial foi dividida nas unidades sedimentares U1, U2A, U2B e U3 (Dinis, 2006). Ela inicia-se por areias finas a muito finas, bem calibradas, de cores amarelas a cinzentas, frequentemente com estruturas planares e lenticulas de seixo bem rolado (U1); a unidade pode apresentar para o topo areias médias a grosseiras esbranquiçadas. Segue-se uma unidade areno-conglomerática com estruturas planares ou côncavas e, raramente, com finas intercalações silto-argilosas (U2A). U2B é dominada por sedimentos argilo-cascalhentos; esta unidade evolui gradualmente de U2A ou articula-se como seu equivalente lateral nos sectores mais subsidentes.

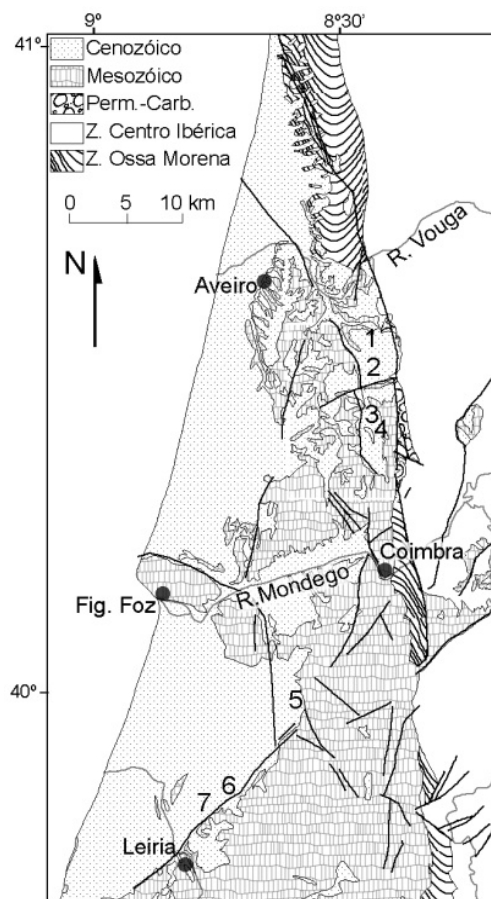


Fig. 1 – Enquadramento geológico e localização das áreas apresentadas. 1 – Vale Grande; 2 – Aguada; 3 – Anadia; 4 – Monsarros; 5 – Redinha; 6 – Meirinhas; 7- Pega (Bidoeira).

A sucessão termina com um conjunto cascalhento de reduzida maturidade textural e composicional (U3).

O limite interior dos sectores com enchimento pliocénico a sul do Mondego também parece ter sido condicionado por acidentes tectónicos (Ramos, 2008). Segundo Barbosa (1983), o Pliocénico neste sector encontra-se dividido em duas grandes unidades. A unidade inferior, essencialmente arenosa, que integra as subunidades areias de Carnide e Areias de Roussa, e a unidade superior, as Argilas do Barracão. As areias de Carnide são, do ponto de vista litológico, constituídas na base por um conglomerado de elementos rolados de quartzo, passando a uma areia fina a muito fina, micácea, por vezes com lenticulas de seixo. Esta subunidade passa lateralmente e superiormente a uma areia média a grosseira, bem calibrada, com frequentes cordões de seixo rolado e/ou achatado com estruturas entrecruzadas e curvilíneas, de cor branca, formando a subunidade de Roussa. A passagem para as Argilas do Barracão seria sistematicamente materializada por um nível argiloso e/ou por um nível ferruginoso (carapaça

ferruginosa), de espessura variável, utilizado como orientador Cartográfico. As Argilas do Barracão são formadas por sequências areno-argilosas que comportam clastos de quartzo bem rolados e calibrados numa matriz silto-argilosa. A sucessão que integra as unidades de Carnide, Roussa e Barracão foi posteriormente definida como o Grupo do Barracão (Cunha et al., 1993).

Materiais e métodos

Foram estudadas 39 amostras, de unidades argilosas ou argilo-arenosas, colhidas em diferentes sondagens e Barreiros dos sectores a norte e sul do rio Mondego (Fig. 1). As amostras do sector a norte do Mondego são das regiões de Vale Grande (5 amostras), Aguada (7 amostras), Anadia (5 amostras) e Monsarros (12 amostras), tendo sido colhidas na unidade U2B. As amostras do sector a sul do Mondego são das regiões de Pega (3 amostras), Redinha (3 amostras) e Meirinhas (4 amostras), tendo sido colhidas nas Argilas do Barracão.

Para cada amostra procedeu-se à determinação semi-quantitativa da composição mineralógica com base na área de picos característicos de DRX. Dadas as incertezas na determinação de proporções minerais segundo este método (Schultz, 1964; Khale et al., 2002), os resultados obtidos são apenas aproximações das concentrações dos vários minerais. A composição química (elementos maiores) foi determinada por fluorescência de raios X. A precisão laboratorial para todos os elementos considerados neste trabalho é superior a 5%.

Resultados e discussão

Os sedimentos lutíticos são caracterizados por um domínio de quartzo, ilite e caulinite, observando-se quantidades muito variáveis destes minerais (Fig. 2). Em proporções menores ocorre feldspato potássico e goetite e, pontualmente, montmorilonite, hematite e rútilo. O quartzo (~8-56%) surge em maiores quantidades nos sedimentos mais grosseiros, notando-se uma grande variabilidade a sul do Mondego. As quantidades de ilite são sempre mais elevadas no sector a norte (~23-45%) do que no sector a sul (~7-18%) do Mondego. A caulinite, por sua vez, é tendencialmente mais frequente a sul (~36-77%), sendo muitas vezes o mineral mais comum, do que a norte (~23-45%).

No que respeita à composição química, a sílica (45,8 a 78,8%) e a alumina (12,7 a 32,7%) são os óxidos mais comuns. Tal como se observou com a composição mineralógica, estes teores são especialmente variáveis a sul do Mondego, reflectindo as diferenças granulométricas dos sedimentos analisados. A relação entre os teores de alumina e sílica permite diferenciar as amostras colhidas a sul do Mondego em dois grandes conjuntos (Fig. 3). Esta separação

justifica-se por os sedimentos da região das Meirinhas serem de grão mais grosseiro e, conseqüentemente, apresentarem teores de sílica muito mais elevados do que os sedimentos dos restantes depósitos. As amostras da região a norte do Mondego apresentam uma gama de teores de sílica e alumina mais contínua.

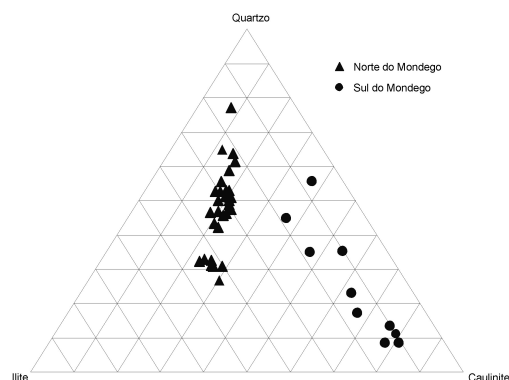


Fig. 2 - Composição mineralógica das amostras pliocénicas a norte e sul do rio Mondego.

Em quantidades menores, mas também muito variáveis, ocorre o FeO_t (0,7 a 10,6%) e o K_2O (0,5 a 4%). Com a excepção de algumas amostras, todos os outros óxidos apresentam teores inferiores a 1%, sendo o TiO_2 e o MgO os óxidos mais comuns.

Uma vez que as amostras estudadas apresentam granulometria variável, para entender melhor os factores responsáveis pelos aspectos composicionais observados projectaram-se os teores em função da relação alumina/sílica, que pode ser entendida como um estimador da dimensão do grão (Fig. 3). O FeO_t surge com teores muito variáveis nos dois sectores em análise, mas mais constantes no sector meridional, ainda que ocorra uma amostra de grão fino especialmente rica em ferro (e também em hematite). A proporção deste óxido é mais variável no sector setentrional, não parecendo estar condicionada pela dimensão do grão. Os teores de K_2O , por sua vez, são sempre mais elevados no sector a norte (2,3 a 4,0%) do que no sector a sul (0,5 a 1,7%) do Mondego. Regra geral, os teores de TiO_2 e MgO são relativamente baixos nas amostras de grão mais grosseiro colhidas na região a sul do Mondego, ainda que as amostras de grão mais fino dos dois sectores apresentam conteúdos em TiO_2 e MgO muito variáveis. Os sectores norte e sul surgem claramente diferenciados quando se projectam os dados composicionais que podem ser usados como indicadores da alteração química (Fig. 4). No que respeita à composição mineralógica, se tivermos apenas em consideração as quantidades relativas de caulinite e ilite, verifica-se uma clara separação das unidades pliocénicas dos sectores a norte e sul do Mondego.

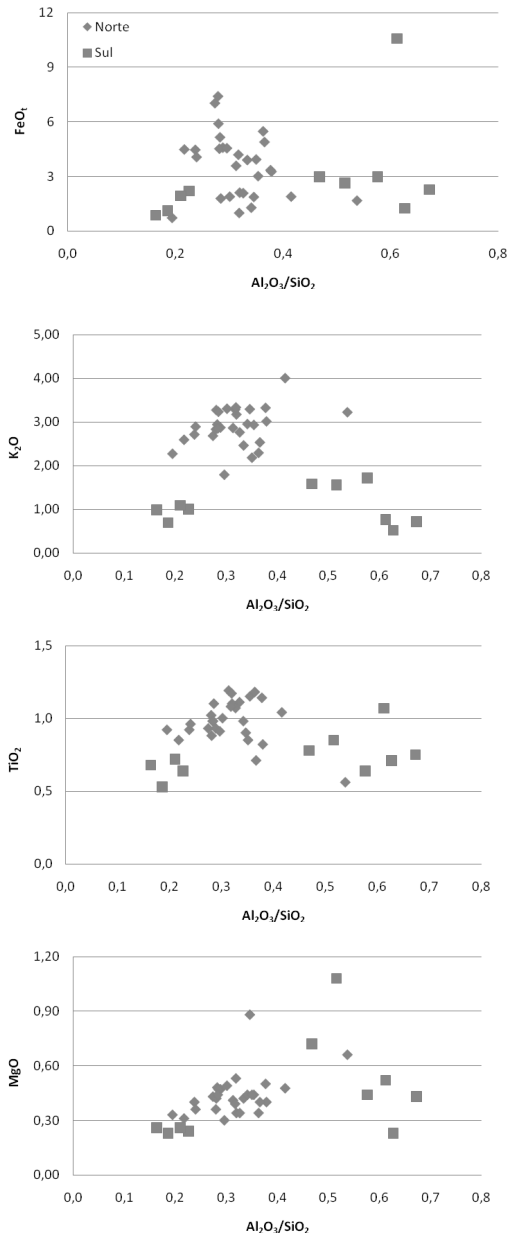


Fig. 3 – Relações entre teores dos principais óxidos constituintes das unidades pliocénicas a norte e sul do rio Mondego.

Um dos índices mais usados na avaliação da alteração química é o índice químico de alteração de Nesbitt e Young (1982) (CIA):

$$CIA = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)$$

Os valores de CIA são sempre mais elevados no sector a sul (91 a 97) do que no sector a norte (83 a 89) do Mondego. Estes resultados são compatíveis com o aquilo que já referimos para a associação mineralógica, reflectindo as maiores proporções relativas de caulinite na região a sul e de ilite na região norte.

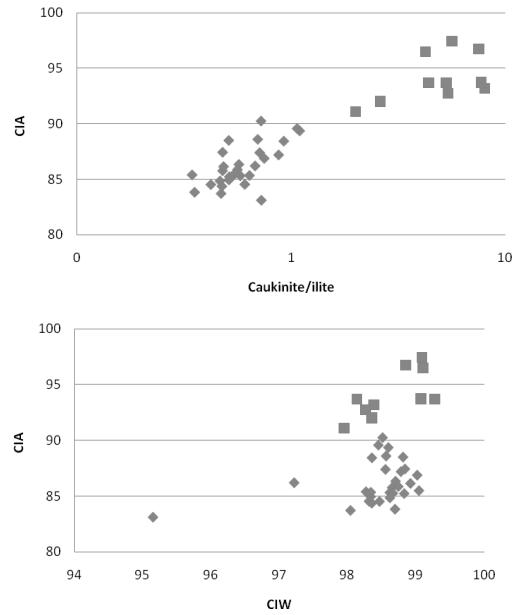


Fig. 4 – Discriminação dos jazigos a norte e sul do rio Mondego baseada nos indicadores mineralógicos e geoquímicos de alteração química.

Um outro índice que pode ser usado para estimar a alteração química é o índice químico de meteorização de Harnois (1988) (CIW):

$$CIW = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)$$

Contudo, este índice, por não considerar os teores em K₂O, revela-se pouco eficaz na separação dos sectores a norte e sul do Mondego (Fig. 4). De facto, as diferenças entre as duas regiões em termos de evidências de alteração química parecem estar associadas aos teores em K₂O (Fig. 5). Este óxido correlaciona-se de forma significativa, para uma probabilidade de 95%, positivamente com as quantidades de ilite ($r=0,79$) e negativamente com os valores de CIA ($r=-0,9$). A correlação com a ilite sugere que o potássio é suportado sobretudo por este mineral.

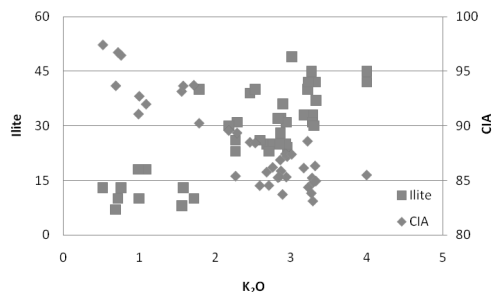


Fig. 5 – Relação entre os teores de K₂O e as quantidades de ilite e valores de CIA.

Uma vez que, as unidades amostradas a norte e sul do Mondego são consideradas equivalentes laterais e não é de prever que algumas diferenças de altitude e latitude entre estes sectores possam justificar condições climáticas muito distintas, a diversidade composicional (mineralogia e geoquímica) observada não deve estar relacionada com o clima. Para além do clima, as características composicionais podem ser justificadas pelas seguintes variáveis:

- 1) Proveniência
- 2) Processos sedimentares
- 3) Modificações pós-deposicionais

Como se encontram sedimentos com características granulométricas distintas no sector meridional, mas que não revelam mais do que ligeiras diferenças nos teores de TiO_2 e MgO , parece pouco provável que os processos de selecção sedimentar e de transformação pós-deposicionais tenham tido um papel determinante na diferenciação das unidades a norte e sul do Mondego.

Assim, no caso presente, as maiores quantidades de K_2O (com conseqüente índice CIA mais baixo) e de ilite a norte do Mondego estarão muito provavelmente relacionadas com as condições de proveniência. De facto, as unidades pliocénicas deste sector apresentam nas zonas de alimentação mais plausíveis rochas pelíticas do Maciço Varisco (do Paleozóico e Precâmbrico), muito ricas em clorite e ilite. Em contrapartida, as unidades a sul do Mondego apresentam a oriente, e assentam sobre, unidades sedimentares da Orla Mesocenozóica, que já apresentam maiores quantidades de caulinite. Assim, sob condições climáticas semelhantes, é de admitir que alguma clorite disponível nas unidades do Maciço Varisco se possa ter alterado para ilite, ao passo que nos sectores mais meridionais se favoreça o enriquecimento em caulinite, já que ela é mais comum nas possíveis unidades-fonte e a alteração química promoverá a formação deste mineral.

Um outro factor que também poderá justificar as maiores quantidades de ilite no sector setentrional é a fisiografia das áreas de alimentação. O facto das bacias pliocénicas a norte do Mondego estarem limitadas a oriente pela zona de falha Porto -Tomar também poderá ser responsável por declives mais acentuados, promovendo-se os processos erosivos e dificultando-se a alteração química das possíveis unidades alimentadoras.

Conclusões

A composição mineralógica e algumas características químicas das unidades pliocénicas a norte e a sul do rio Mondego são substancialmente diferentes. Os sedimentos do sector setentrional são muito ricos em ilite e apresentam maiores quantidades de K_2O ; os sedimentos do sector meridional são

especialmente ricos em caulinite e apresentam quantidades de K_2O mais baixas. Esta diferenciação sugere que as unidades a norte e sul do Mondego foram sujeitas a alteração química distinta. Tratando-se de unidades tidas como equivalente laterais, ela deve relacionar-se com as condições de proveniência nos dois sectores. Para além deste controlo imposto pela proveniência, algumas características mineralógicas e químicas surgem condicionadas por aspectos texturais (granulometria).

Dada a possibilidade duma marcada diferenciação geográfica nas características composicionais motivadas pela proveniência e processos deposicionais, a utilização destes dados para definir condições climáticas deve ser feita com muito cuidado.

Agradecimentos

Este trabalho é uma contribuição do projecto FCT PTDC/CTE-GIN/66283/2006.

Referências Bibliográficas

- Barbosa, B.P. 1983. Argilas especiais de Barracão-Pombal. Prospecção, sondagens e cálculo de reservas. *Est. Notas e Trabalhos do Serv. Fom. Min.* 25, 193-212.
- Chamley, H. 1989. *Clay sedimentology*. Berlin. Springer-Verlag, 623 pp.
- Cunha, P.P. 1992. *Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a Leste de Coimbra*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra, 262p.
- Cunha, P.M., Barbosa, B.P., Reis, R.P. 1993. Synthesis of the Piacenzian onshore record, between the Aveiro and Setúbal parallels (Western Portuguese margin). *Ciências da Terra* 12, 35-43.
- Dinis, P.A. 2004. *Evolução pliocénica e quaternária do vale do Cértima*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra, 351 pp.
- Dinis, P.A. 2006. Depósitos neogénicos anteriores à incisão fluvial actual entre Coimbra e Aveiro: fácies, arquitectura deposicional e controlos sobre a sedimentação. *Comunicações Geológicas* 93, 81-104.
- Harnois, L. 1988. The CIW index: a new Chemical Index of Weathering. *Sedimentary Geology* 55, 319 – 322.
- Grade, J., Moura, C. 1980-81. Le basin sédimentaire d'Aguada-de-Cima (centre du Portugal). *Bol. Soc. Geol. Portugal* 22, 197-260.
- Kahle, M., Kleber, M., Jahn, R. 2002 Review of XRD-based quantitative analyses of clay minerals in soils: the suitability of mineral intensity factors. *Geoderma* 109, 191-205.

- López, J.M.G., Bauluz, B., Fernández-Nieto, C., Ollite, A.Y. 2005. Factors controlling the trace-element distribution in fine-grained rocks: the Albian kaolinite-rich deposits of the Ollite Basin (NE Spain). *Chemical Geology* 214, 1-19.
- Nesbitt, H., Young, G. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 299, 715-717.
- Pereira, D.I. 1997. *Sedimentologia e estratigrafia do Cenozóico de Trás-os-Montes oriental (NE Portugal)*. Dissertação de doutoramento, Universidade do Minho, 320pp.
- Pereira, V.B. 1993. Prospecção de argilas especiais na região de Anadia. *Boletim de Minas* 30, 353-363.
- Ramos, A. 2008. *O Pliocénico e o Plistocénico da Plataforma Litoral entre os paralelos do Cabo Mondego e da Nazaré*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra, 329pp.
- Rocha, F.T. 1993. *Argilas aplicadas a estudos litostratigráficos e paleoambientais na Bacia Sedimentar de Aveiro*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Aveiro, 399pp.
- Schultz, L.G. 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. U.S. *Geol. Surv. Prof. Pap.* 391-C, 1-31.
- Singh, P. 2009. Major, trace and REE geochemistry of the Ganga River sediments: influence of provenance and sedimentary processes. *Chemical Geology* 266, 242-255.